

“新原子力”のフロンティア

大井川 宏之

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 理事



エネルギー利用や放射線利用といった原子力技術は、概ね19世紀末から20世紀前半にかけて発見された放射線、放射性物質、核分裂、相対性理論、量子力学などに端を発したもので、21世紀に入って20年が過ぎた今でも、約100年前の発見に大きく依拠している。我々は100年後の世界に役立つ新たな「原子力」を生み出せているだろうか？

2年前に原子力機構が発表した将来ビジョン「JAEA2050+」では、“新原子力”という用語に「従来の原子力の取組を超えて、将来社会への貢献をめざしたこれからの新たな取組」との定義を与えた。この“新原子力”の取組が100年後の世界に役立つことを願いつつ、そのフロンティアについていくつかの夢を記してみる。

【エネルギー利用】

温室効果ガスを排出しない原子力が100年後にも利用されているためには、安全性・経済性の向上、放射性廃棄物の低減、資源としての持続可能性などの点でブレークスルーが必要である。これらの課題解決の先には、高レベル廃液からの有用元素の回収や長寿命核種の核変換処理、原子力の宇宙利用など、様々な発展が期待できる。

【探索ツールとしての利用】

中性子、放射光、電子線を使った電子顕微鏡に加え、ミュオン、陽電子なども、物質の特性を探るツールとして発展を続けており、データサイエンスや画像処理の高速化と相まって新たな世界が開ける可能性がある。

【医療利用】

CTスキャン、NMR、癌の放射線治療、診断・治療用RIなどの分野で発展を続けている。特に、 α 線放出RIを使った癌治療は大きな発展が見込まれている。

【同位体利用】

元素の同位体は化学的にはほぼ同様に扱って良いが、核反応断面積は大きく異なり、全く別の物質である。我々が使える元素は90種程度であるが、同位体はその何倍もの種類が利用可能であり、人類はまだその恩恵を享受しきれていない。

【スピン利用】

スピンは原子核や電子の持つ量子的な性質であるが、まだ実生活に役立つところまで来ていない。情報の流れを、発熱を伴う電流の利用からスピン流の利用にシフトすることで、高度情報化社会における消費電力の低減化が期待できる。また、原子核のスピンを利用すると、効率の良い同位体分離ができ、上記の同位体利用の促進にもつながる。この他にも、まだ我々が気付いていない利用形態があるかもしれない。

【重核利用】

アクチノイド系列とそれよりも重い核種は放射性で取り扱いが難しいがゆえに十分に利用されていない。ウランやプルトニウムは核燃料としての利用以外にも、様々な利用の可能性があるのでないか。超重核の持つ未知の性質はまだまだこれから新たな発見に満ちている。

【物質制御】

原子核物理や素粒子物理を突き詰めていけば、物質と質量の成り立ちを理解し、モノとエネルギーを自由に往来・制御できる夢の技術を手にできるかもしれない。

まだまだ他にも多くのフロンティアが“新原子力”には隠れており、原子力機構はそのフロンティアに開拓者精神をもって果敢に挑むことが求められている。先端基礎研空センターの皆さんには、その最前線での活躍を期待している。

The Frontiers of “New Era Nuclear Science and Technology”

OIGAWA Hiroyuki

Executive Director, Japan Atomic Energy Agency

Nuclear technology, such as the use of energy and radiation, originated from radiation, radioactive materials, nuclear fission, the theory of relativity, and quantum mechanics which were discovered from the end of the 19th century to the first half of the 20th century. Even now, it is 20 years after entering the 21st century, we are still relying heavily on the discoveries made about 100 years ago. Are we creating a new "nuclear energy" that will serve the world in 100 years?

In the future vision "JAEA2050+" set forth by JAEA in October 2019, "New Era Nuclear Science and Technology (S&T)" was defined as new endeavor beyond the existing framework of nuclear energy to contribute to the future society. Hoping this "New Era Nuclear S&T" initiative to be useful to the world 100 years from now, I would like to describe some of my dreams about the frontiers of it.

【Energy Utilization】

In order for nuclear energy without emitting greenhouse gases to be used in 100 years from now, breakthroughs are needed in terms of safety and economic efficiency, radioactive waste reduction, and resource sustainability. After these issues are resolved, various developments can be expected, including the recovery of useful elements from high-level liquid waste, transmutation processing of long-lived nuclides, and nuclear energy use in space.

【Use as a Search Tool】

Muons and positrons continue to advance as a probe for exploring the properties of materials in addition to using neutrons, synchrotron radiation, and electron beams, which may open up a new world, by combining with data science and faster image processing.

【Medical Use】

CT scans, NMR, radiation therapy for cancer, and diagnostic and therapeutic RIs continue to develop. In particular, alpha-ray emitting RIs for cancer treatment would be largely accepted.

【Isotope Applications】

Isotopes of an element have common chemical properties, but they have different aspects in terms of nuclear properties as noticed in their different nuclear reaction cross sections. Although there are only about 90 elements available to us, we could find applications which takes advantage of the different nuclear properties.

【Applications of Spin】

Spin is a quantum property of nuclei and electrons, but its physics properties have not fully utilized in real life. If the spin currents are used for information transmission, instead of electric current which is always accompanied by the heat generation, power consumption will be significantly reduced in this highly information-oriented society. Also, taking advantage of nuclear spin will enable efficient isotope separation, which will expand the use of isotopes as mentioned above. There may be other forms of utilization that we are not yet aware of.

【Heavy nucleus Application】

The actinide series and heavier nuclides have not been fully utilized due to their radioactivity and difficulty in handling. Uranium and plutonium may be used in various ways other than as nuclear fuel. There are still a lot of unknown properties of superheavy nuclei to be discovered.

【Material Control】

If we pursue deeply nuclear physics and particle physics, we may be able to understand the origin of matter and mass, which could bring a dream technology that matter and energy can be freely exchanged with each other.

There are still many other frontiers hidden in the "New Era Nuclear S&T", and JAEA is required to pioneer new frontiers. I look forward to seeing the members of ASRC playing an active role on the cutting edge of this field.